

EJERCICIO DE ANÁLISIS DE REDES

Manuel Loro Aguayo y Rosa María Arce Ruíz. Mayo 2013.

Introducción

Estamos trabajando en la planificación de un vertedero y tenemos que analizar la red de transporte de forma previa a su localización.

Objetivos y comandos nuevos

Aprender a realizar análisis de redes.

- Barra de herramientas Network Analyst: Menú contextual del menú principal-Network Analyst
- Análisis de redes, ventana Network Analyst: Network Analyst-Show/Hide Network Analyst Window
- Análisis de redes, ruta óptima: Network Analyst-Network Analyst-New Route
- Análisis de redes, añadir paradas: Menú contextual de Stops-Load Locations
- Análisis de redes, parámetros de análisis: Menú contextual de la ventana Network Analyst-Properties-Analysis Settings
- Análisis de redes, calcular ruta: Network Analyst-Solve
- Análisis de redes, punto más cercano: Network Analyst-Network Analyst-New Closest Facility
- Análisis de redes, añadir localización: Network Analyst-Create Network Location Tool
- Análisis de redes, ventana de direcciones: Network Analyst-Directions Window
- Análisis de redes, área más cercana: Network Analyst-Network Analyst-New Service Area.
- Análisis de redes, forma de las áreas: Network Analyst-Properties-Polygon Generation.
- Análisis de redes, matriz origen-destino: Network Analyst-Network Analyst-New OD Cost Matrix.

Información de partida:

- “Carreteras.shp”, capa de carreteras de la Comunidad de Madrid.
- Localización potencial de vertederos: “coordenadas.dbf”.
- “Puntos_limpios.shp”, localización de los puntos limpios en cada término municipal. Los buscaremos por Google Maps y descargaremos en kml.
- Selección de un único vertedero. Cualquiera de los tres anteriores.

Planteamiento

1. Partiendo del vertedero seleccionado vamos a analizar cuál es la mejor ruta que permite visitar todos los puntos limpios de los municipios en estudio de la zona y volviendo de nuevo al vertedero.
2. Encontrar el vertedero más próximo a una zona de nueva construcción localizado en un punto cualquiera.
3. Determinar el área de influencia (de servicio) de los vertederos en 5, 10, 15 y 20 minutos. Encontrar los vertederos que se encuentran a menos de 15 min de cualquier punto limpio.
4. Crear una matriz de orígenes y destinos entre los puntos limpios y los vertederos potenciales.

NOTA: Es muy importante repasar la topología de la red previamente, ya que debe existir continuidad perfecta entre todos los tramos de la red, para poder realizar los cálculos de coste mínimo.

1 PREPARACIÓN DE LAS CAPAS

Para crear una capa a partir de los datos de una tabla debemos utilizar la herramienta “Mostrar datos XY” y luego exportar la entidad creada. Así crearemos la capa de los vertederos, ver Fig. 1.

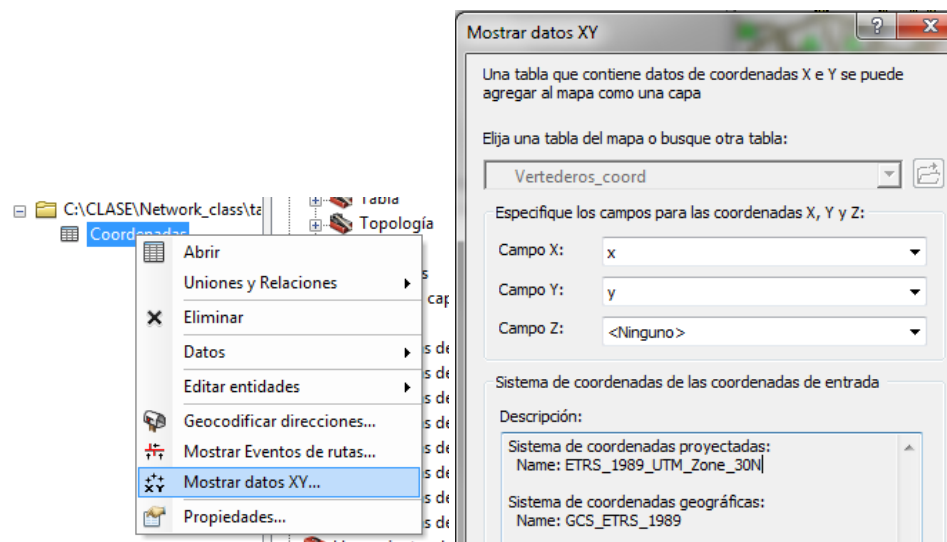


Fig. 1. Añadimos entidad desde datos XY de una tabla.

Descargamos desde Google Maps los puntos limpios de la comunidad de Madrid. Después, pinchando donde pone “KML”, podemos descargarlos, ver Fig. 2. Después, lo transformamos a entidad con la herramienta que se muestra en la Fig. 3.

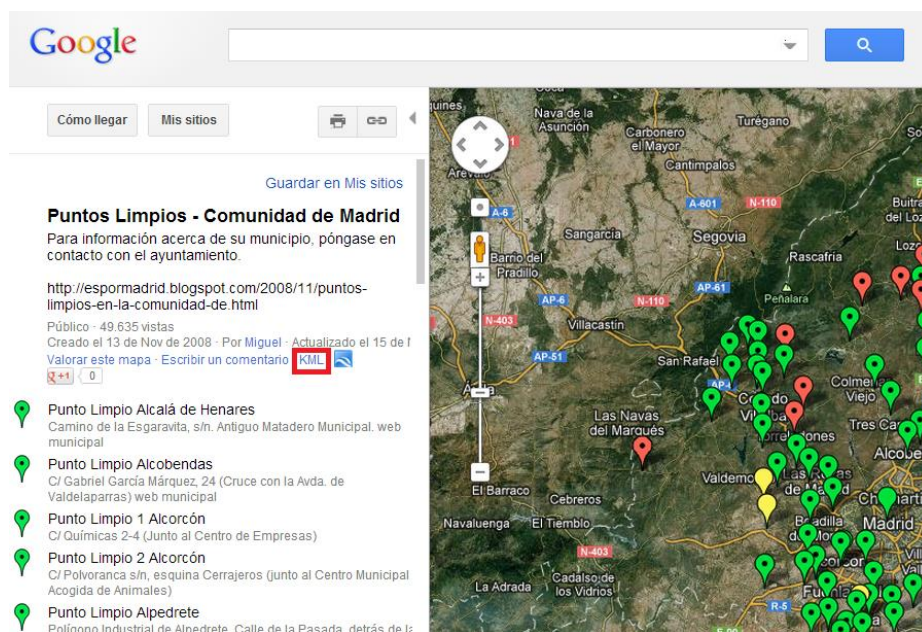


Fig. 2. Descargar los puntos limpios desde Google Maps.

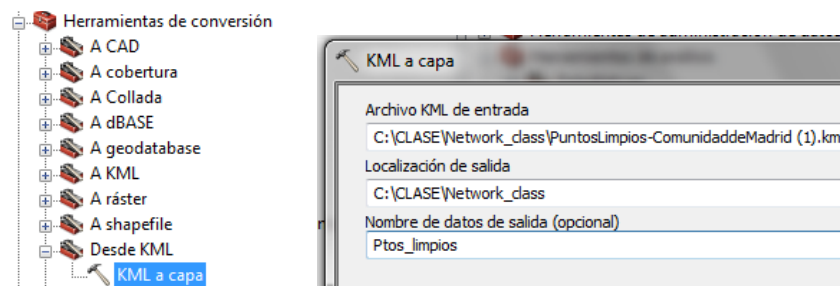


Fig. 3. Herramienta de conversión de KML a capa.

Posteriormente, como solo nos interesan los puntos limpios de nuestra zona de estudio, haremos Herr. Análisis>Recortar (Clip) para seleccionar solo las capas que interesan, ver Fig. 4.

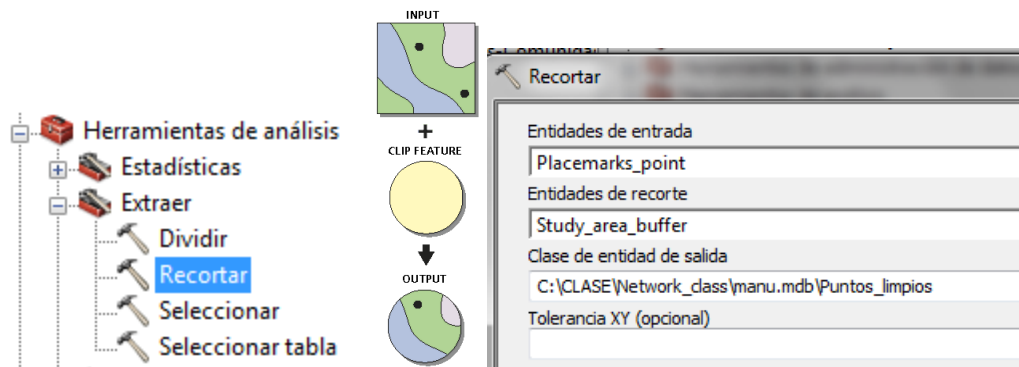


Fig. 4. Herramienta para recortar una capa con otra.

La capa de "carreteras.shp" está en coordenadas European datum 1950. Para cambiar las coordenadas >Herramientas de administración> Proyecciones y Transformaciones, ver Fig. 5. Seleccione el cambio 7 (viene explicado en Mancebo *et al.* 2008, capítulo 7).

Método de transformación	Ámbito de aplicación	Nombre en ArcGIS
Helmert de 7 parámetros	NO de la Península	ED_1950_To_WGS_1984_29 ED_1950_To_ETRS_1989_8
Helmert de 7 parámetros	Península menos el NO	ED_1950_To_WGS_1984_28 ED_1950_To_ETRS_1989_7
Helmert de 7 parámetros	Baleares	ED_1950_To_WGS_1984_27 ED_1950_To_ETRS_1989_6

Fuente: ArcGIS-Geographic_Transformations.pdf

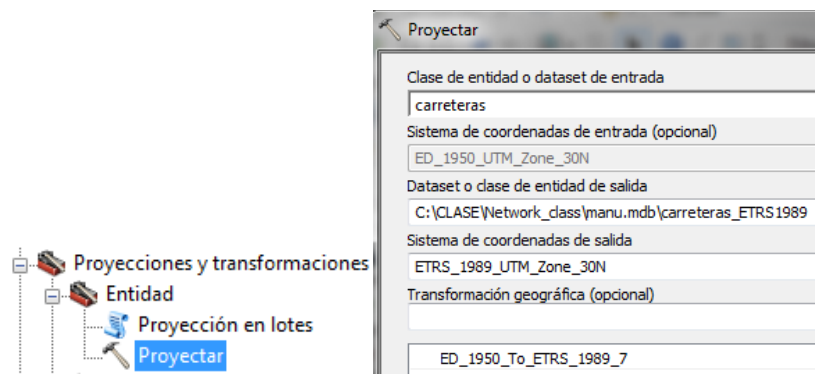


Fig. 5. Configuración de la herramienta para cambiar sistemas de coordenadas de una entidad.

2 PREPARACIÓN DEL NETWORK

En primer lugar es necesario crear la estructura necesaria para que ArcGIS pueda realizar los cálculos de coste mínimo. Se crearán los arcos (tramos de la red) y nodos (puntos de unión e intersección de los arcos).

Abrir ArcCatalog, se activa la extensión Network Analyst en Menú principal-Tools-Extensions.

Crear una nueva base de datos de red a partir de un shapefile existente, Menú contextual de la capa "carreteras"-New Network Dataset. Darle un nombre como "red", ver .

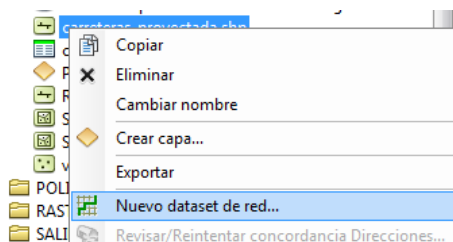


Fig. 6. Creación de la red en nodos y arcos desde ArcCatalog.

- Se define la conectividad existente entre los distintos arcos de la red pinchando en Connectivity. Dejaremos marcado “End Point”, existiendo conectividad solo en los puntos finales de cada arco.
- El asistente pregunta si queremos establecer la conectividad en función de la altitud. Decimos que no, al no disponer en la base de datos de la red de dicha información.
- A continuación pregunta si queremos modelar los giros. Decimos que sí.

El siguiente es el paso más importante, se deben especificar **qué atributos de la tabla de la capa de la red representan el coste al desplazamiento** (longitud, tiempo, pendiente, ...). En nuestro caso tenemos **tiempo de recorrido** (minutos) y **longitud** (metros) de cada tramo, por lo que éstos serán nuestros costes (ver Fig. 7).

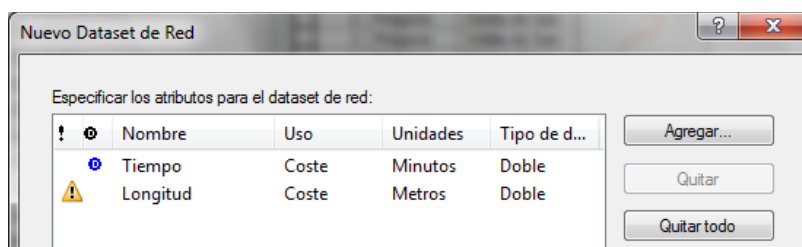


Fig. 7. Configuración de los parámetros de coste del Network.

NOTA: Existe un campo en carreteras.shp con los tiempos de viaje en cada tramo en minutos. Estos se han calculado a partir de la velocidad asignada al tramo (pasada a metros/minuto) y la longitud del tramo (en metros):

$$\text{Tiempo de viaje por tramo} = \frac{\text{Longitud tramo (m)}}{\text{velocidad} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \cdot (1000/60)}$$

Para eliminar la señal de la alarma en longitud (evaluador), debemos seleccionar el campo y pulsar en el botón evaluadores, ver Fig. 8 Y Fig. 9.

La selección del **tipo de evaluador** consiste en asignar un atributo de evaluación a cada tramo de la red. Esto permite introducir coste asociado a la longitud de un tramo, el nivel jerárquico de una calle (por ejemplo, flujo preferente por calles más anchas frente a estrechas) o de valor constante. Entre los tipos de evaluadores seleccionables existen las siguientes opciones:

- Evaluador de campo: cada tramo de red tiene asignado un valor de un campo de la tabla. **Esta es la opción más habitual**. Por ejemplo, un evaluador de campo se puede utilizar en los casos en que el valor indique una medición, como el largo de cada segmento de la carretera en metros.
- Evaluador de expresiones de campo: En este caso, se generará una expresión en el cuadro de diálogo Evaluador de campo utilizando VBScript o Python. Por ejemplo, si el atributo de red se expresa en metros pero los datos de origen están en pies, puede crear una expresión que convierta los pies en metros en el momento de generar el dataset de red.

- **Evaluador de constantes:** Los atributos pueden tener asignado un valor constante. El valor puede ser numérico (0, 1, 2) para los atributos de coste, descriptor y jerarquía.
- **Evaluador de funciones:** calcula los valores de los atributos aplicando una función multiplicativa o lógica sobre otro valor de atributo o de parámetro.
- **Evaluador de retraso de giro global:** asigna un valor de coste predeterminado a la transición entre dos elementos de bordes. El coste está basado en el ángulo de desviación entre los dos ejes y la clase de camino (primario, secundario o local) de los ejes que se atraviesan. Especifique la clase de camino utilizando el cuadro de diálogo Rangos de jerarquía junto con un atributo de jerarquía.
- **Evaluador de secuencia de comandos:** Es posible asignar atributos a partir del resultado de la ejecución de una secuencia de comandos Python o VBScript. De este modo podrá modelar atributos complejos.
- **Evaluador de tráfico de borde:** están diseñados para ser utilizados con datos de tráfico. Pueden proporcionar tiempos de viaje para una hora del día y día de la semana determinados usando datos históricos o en vivo.

Para más información, se sugiere consultar:

<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//004700000000n0000000>

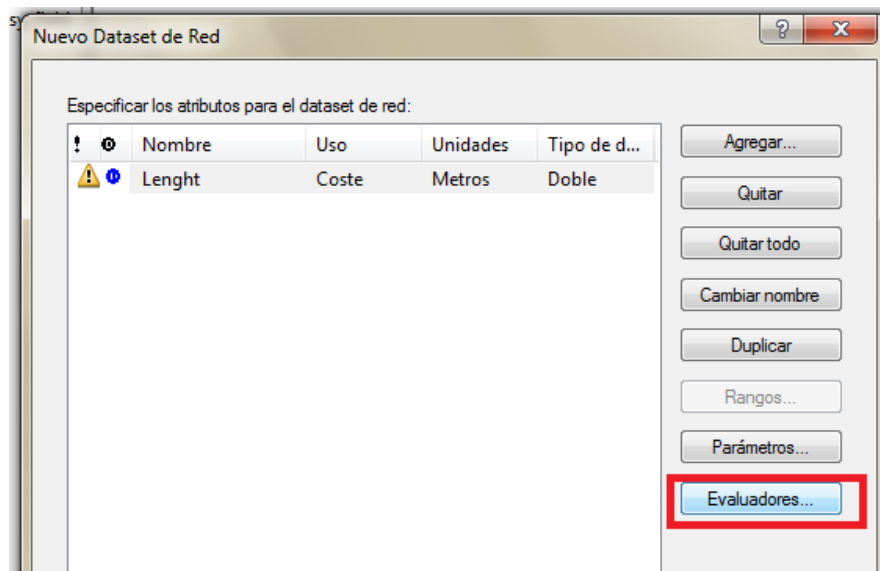


Fig. 8. Corrección de la alarma en el botón evaluadores.

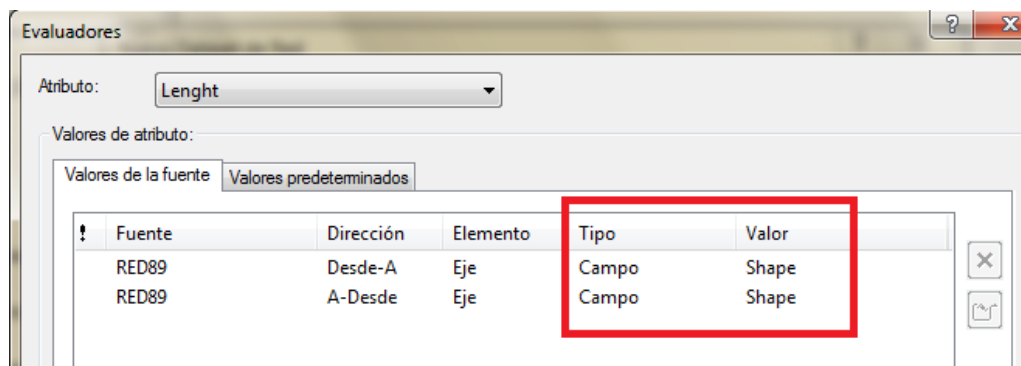


Fig. 9. Selección del tipo de evaluador.

2.1.1 Configuración de indicaciones

Paso optativo solo si queremos recibir información sobre las indicaciones de navegación (tipo TOMTOM o Google Maps).

Por último, podemos añadir información que describa los distintos tramos de la red, por ejemplo si es una carretera autonómica o nacional, de doble sentido o autovía, ... siempre que dicha información esté contenida en la base de datos. En nuestro caso tenemos información del país, del tipo de vía y del nombre de la carretera. Pinchamos en Directions y se añade en Prefix "PAIS", en Prefix Type "TIPO" y en Name, "CARRETERA", ver Fig. 10.

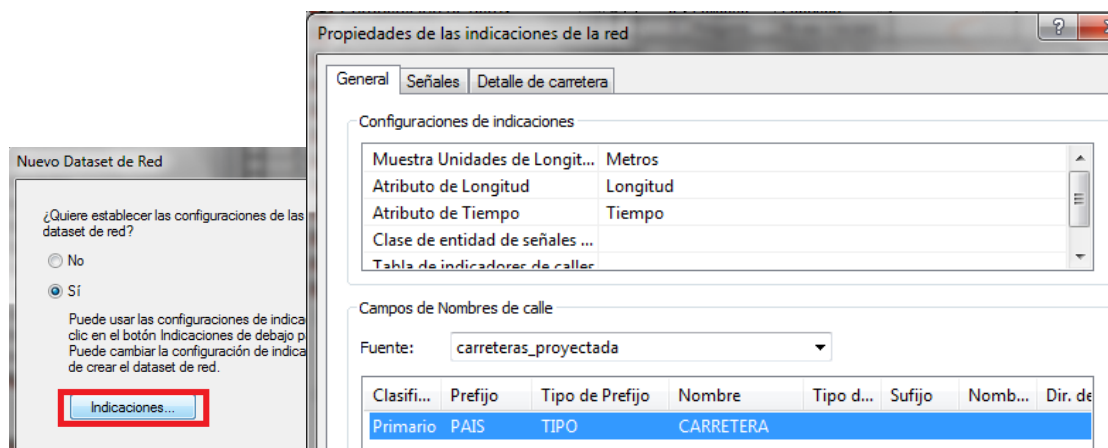


Fig. 10. Indicaciones de la red.

Al terminar, nos pregunta si queremos construir la red, respondemos que sí.

El siguiente es el paso más importante, se deben especificar qué atributos de la tabla de la capa de la red representan el coste al desplazamiento (longitud, tiempo, pendiente,...). En nuestro caso tenemos tiempo de recorrido (minutos) y longitud (metros) de cada tramo, por lo que éstos serán nuestros costes.

Siguiendo todos estos pasos ya tendremos creada la capa de red necesaria para realizar el análisis de redes.

Abrir ArcMap, añadir las capas, incluyendo el Network Dataset que hemos creado previamente.

Activar la extensión del Network Analyst y cargar la barra de herramientas Network Analyst: Menú contextual del menú principal-Network Analyst. Añadir la ventana del Network Analyst: Network Analyst-Show/Hide Network Analyst Window, ver Fig. 11.

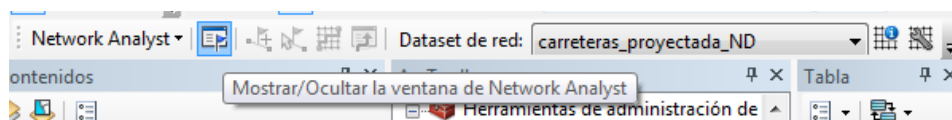


Fig. 11. Activación de la barra de herramientas de Network Analyst.

3 BÚSQUEDA DE RUTA ÓPTIMA

Partiendo del vertedero seleccionado vamos a analizar cuál es la mejor ruta que permite visitar todos los puntos limpios de los municipios en estudio de la zona y volviendo de nuevo al vertedero.

Crear una capa de análisis de ruta óptima con Network Analyst-Network Analyst-New Route. En la ventana del Network Analyst aparece una lista de paradas (stops), rutas (routes) y barreras (barriers) y en la tabla de contenidos aparece una nueva capa de análisis de redes llamada "Route", ver Fig. 12.

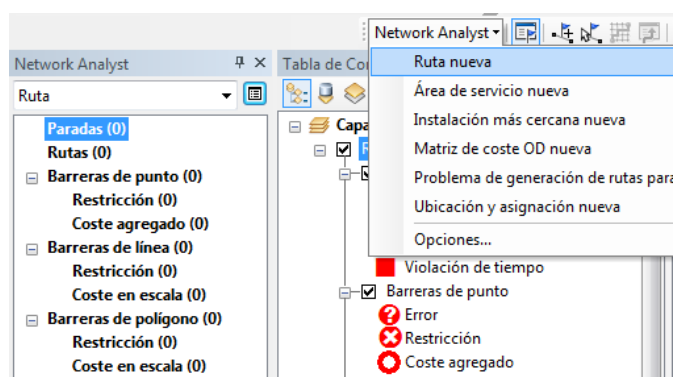


Fig. 12. Selección de cálculo de ruta nueva.

Se añaden las paradas, comenzando por el "vertedero_potencial.shp" desde donde partimos. Menú contextual de Stops-Load Locations: "vertedero_seleccionado.shp", ver Fig. 13.

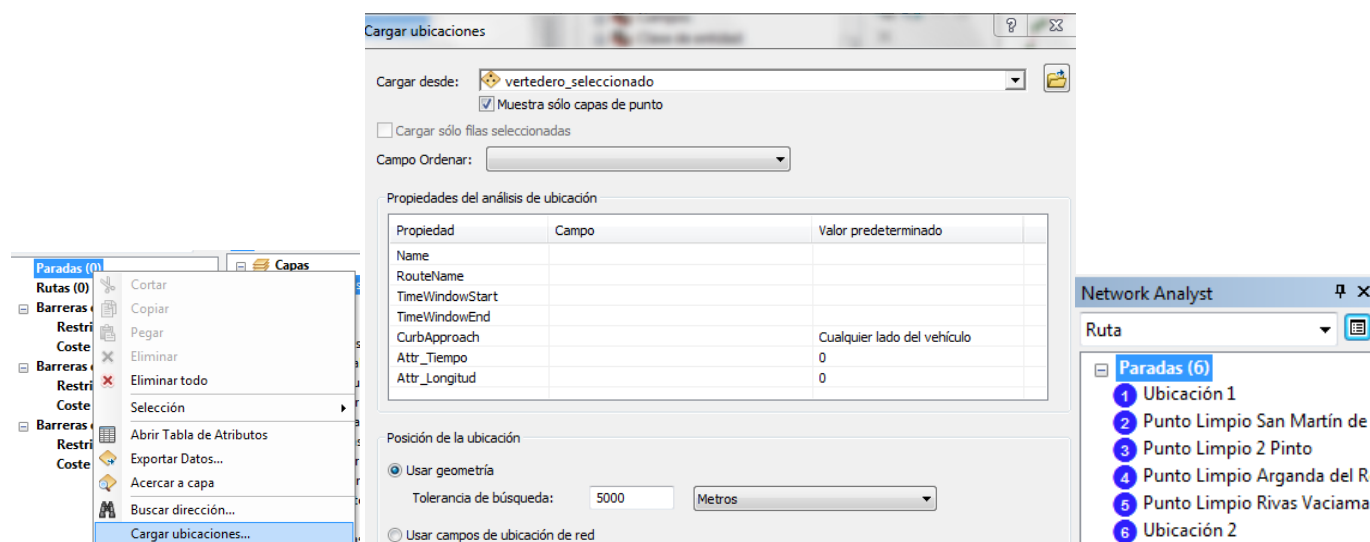


Fig. 13. Cargar la información para el análisis.

Todas las localizaciones que no se encuentren sobre la red no se tendrán en cuenta, por lo tanto, conviene establecer también una Search Tolerance, que nos permite establecer una distancia desde la red a partir de la cual todos los puntos situados a menos distancia de ella se consideran sobre la misma. Search Tolerance: 5.000.

Después los "puntos_limpios.shp": Menú contextual de Stops-Load Locations: "puntos_limpios.shp" Search Tolerance: 5.000.

Y finalmente el vertedero seleccionado otra vez, por ser el destino final: Menú contextual de Stops-Load Locations: "vertedero_seleccionado.shp". Search Tolerance: 5.000.

A continuación, se deben configurar los parámetros del análisis: Menú contextual de la ventana Network Analyst-Properties-Analisis Settings: Impedancia: "Tiempo"

Especificar si se reordenan las paradas para encontrar la ruta óptima: sí.

Permitir giros para dar la vuelta: sí.

Tipo de salida: "True Shape".

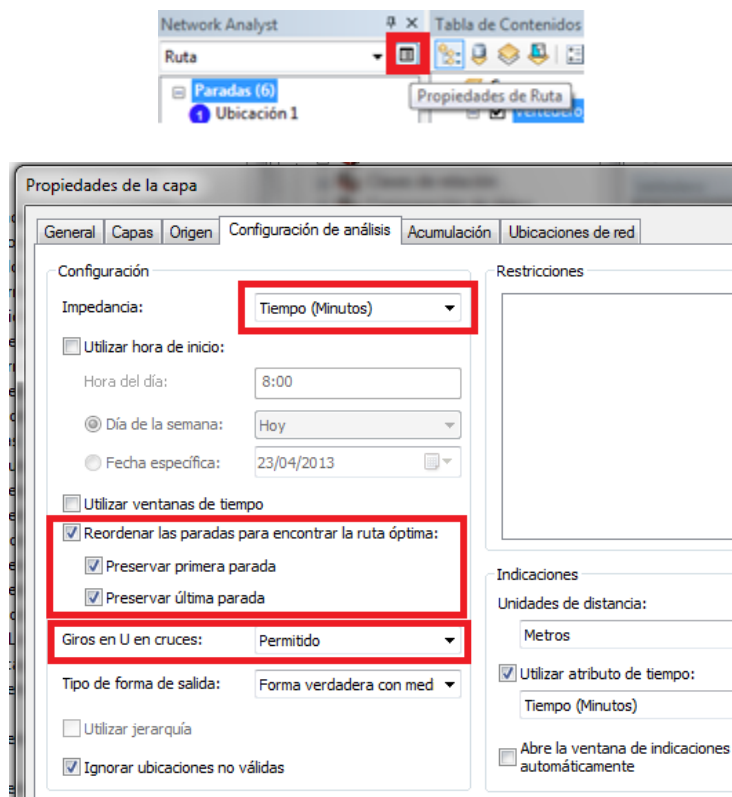


Fig. 14. Propiedades de la ruta.

Calcular la ruta: Network Analyst-Solve, ver Fig. 15.

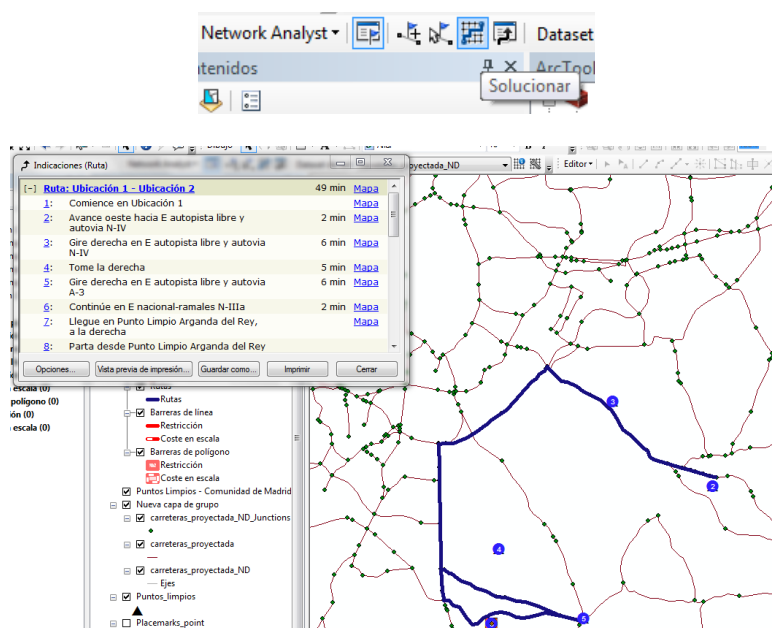


Fig. 15. Salida del cálculo de ruta óptima.

Una vez calculadas las rutas, éstas se pueden guardar como una capa nueva (Menú contextual de la capa "Routes"-Data-Exportdata), llamamos a la capa "route.shp", ver Fig. 16.

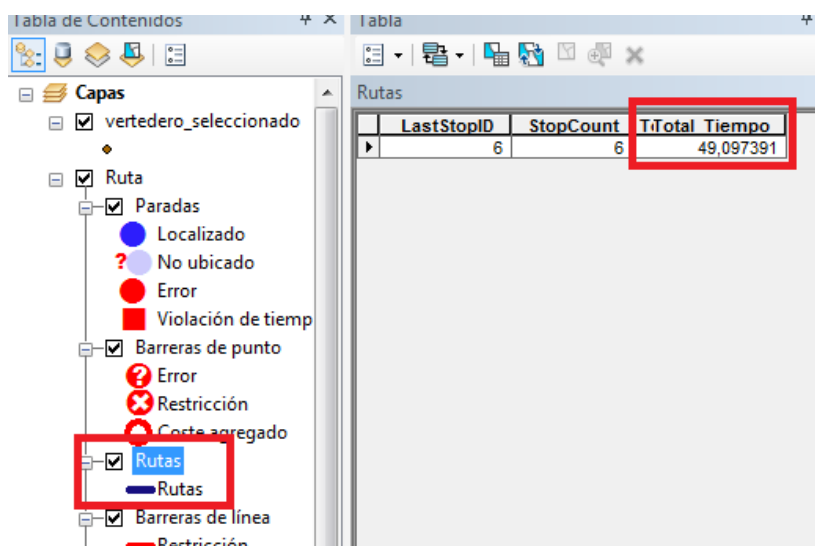


Fig. 16. Consulta de la ruta creada.

4 ENCONTRAR EL VERTEDERO MÁS CERCANO A UNA ZONA DE OBRAS

Encontrar el vertedero más próximo a una zona de nueva construcción localizado en un punto cualquiera.

Crear una capa de análisis del punto más cercano con Network Analyst-Network Analyst-New Closest Facility. En la ventana del Network Analyst aparece una lista de instalaciones (Facilities), incidentes (Incidents), rutas (Routes) y barreras (Barriers) en la tabla de contenidos aparece una nueva capa de análisis de redes llamada "Closest Facility".

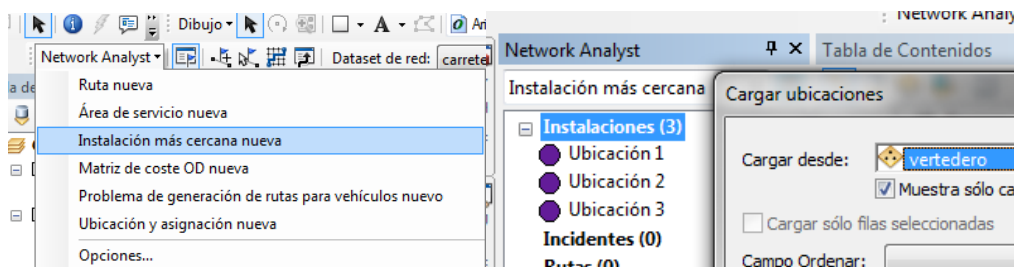


Fig. 17. Cargamos las instalaciones (Facilities) y seleccionamos nuestros vertederos.

Se añaden los vertederos, Menú contextual de Facilities-Load Locations: "vertederos". Search Tolerance: 5.000.

Se añade una zona de obras manualmente (incidente). Como se localiza en un punto cualquiera se puede añadir de forma manual, se selecciona Incidents y con Network Analyst-Create Network Location Tool se pincha en el lugar aproximado de la obra, ver Fig. 18. Otra forma sería creando una capa de puntos y añadiendo uno con las coordenadas exactas del lugar donde se ha producido la obra.

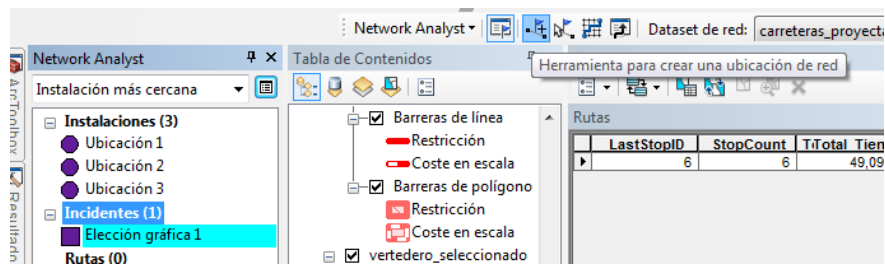


Fig. 18. Selección manual de incidente.

A continuación, se deben configurar los parámetros del análisis: Menú contextual de la ventana Network Analyst-Properties-Analysis Settings: Impedancia: "Tiempo".

Default Cutoff Value: "<None>"

Vertederos a encontrar: 1

Dirección: Facility to Incident

Permitir giros para dar la vuelta: sí.

Tipo de salida: "True Shape"

Calcular la ruta: Network Analyst-Solve.

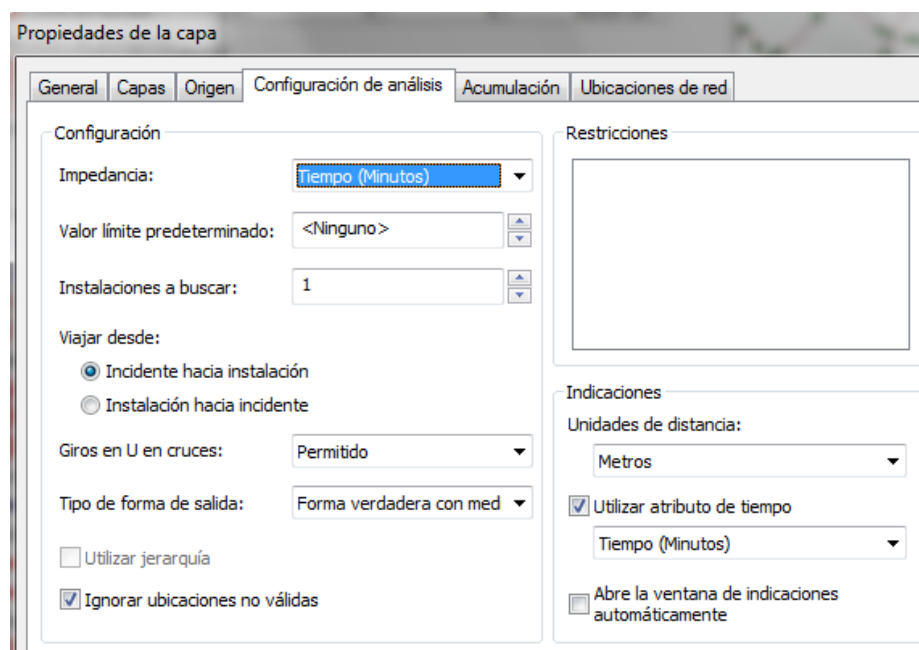


Fig. 19. Configuración de la búsqueda del vertedero más cercano al incidente.

Una vez calculadas las rutas, éstas se pueden guardar como una capa nueva (Menú contextual de la capa "Routes" - Data-Export data), llamamos a la capa "closest_facility.shp", ver Fig. 20.

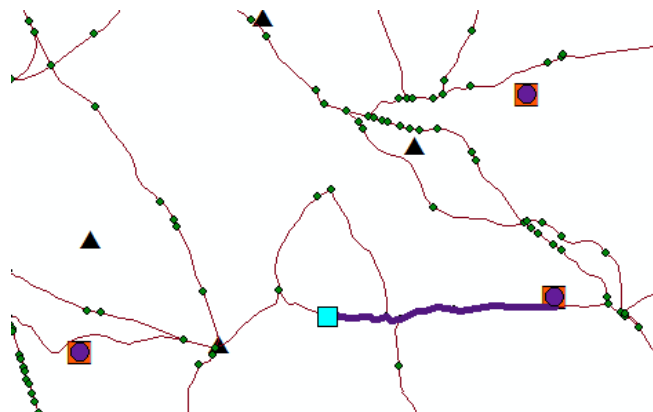


Fig. 20. Salida del proceso de búsqueda de la instalación más cercana.

También es posible conocer las instrucciones de recorrido con Network Analyst-Directions Window.

5 ÁREAS DE SERVICIO

Determinar el área de influencia (de servicio) de los vertederos en 5, 10, 15 y 20 minutos. Encontrar los vertederos que se encuentran a menos de 15 min de cualquier punto limpio.

Crear una capa de análisis de áreas de servicio con Network Analyst-Network Analyst-New Service Area. En la ventana del Network Analyst aparece una lista de instalaciones (Facilities), barreras (Barriers), polígonos (Polygons) y líneas (Lines) y en la tabla de contenidos aparece una nueva capa de análisis de redes llamada "Service Area".

Se añaden las instalaciones, Menú contextual de Facilities-Load Locations (ver Fig. 21):

"vertederos"

Search Tolerance: 5.000

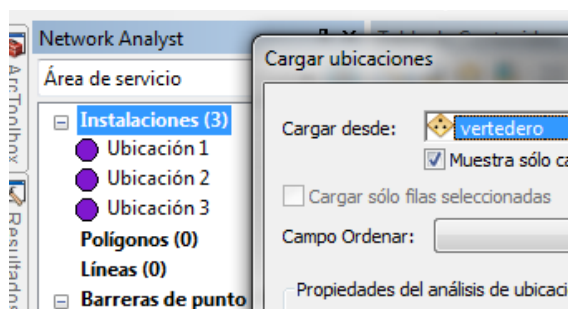


Fig. 21. Asignación de instalaciones.

A continuación, se deben configurar los parámetros del análisis: Menú contextual de la ventana Network Analyst-Properties-Analysis Settings (ver Fig. 22):

Impedancia: "Tiempo"

Default Breaks: 5; 10; 15; 20

Dirección: Away From Facility

Permitir giros para dar la vuelta: sí

También se debe configurar la forma que tendrán los polígonos: Menú contextual de la ventana Network Analyst-Properties-Polygon Generation:

Éstos podrán ser anillos, discos, estar superpuestos o unidos ...

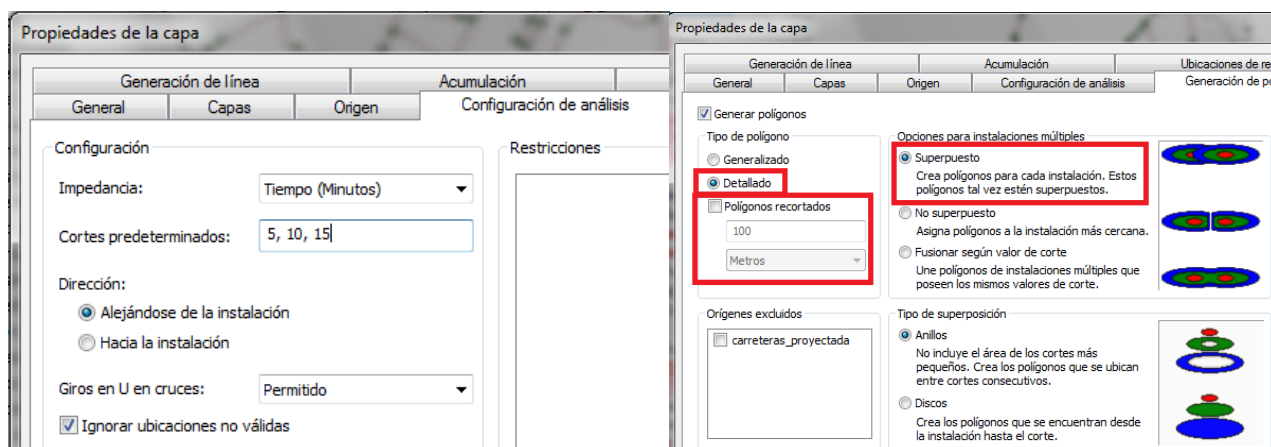


Fig. 22. Configuración del resultado del cálculo.

Calcular las áreas: Network Analyst-Solve. Los polígonos representan el área de servicio en 5,10, 15 y 20 minutos de los vertederos, ver Fig. 23.

Una vez calculadas las áreas, éstas se pueden guardar como una capa nueva (Menú contextual de la capa "Polygons"-Data-Export data), llamamos a la capa "service_area.shp".

Para conocer los puntos limpios que se encuentran a menos de 15 min de cualquier vertedero, hacemos lo siguiente: seleccionamos los polígonos de 0 a 15 minutos usando un Select By Attributes ("To Break" ≤ 15), y hacemos una selección por localización, Select By Location: select features from "vertederos" intersect "Polygons".

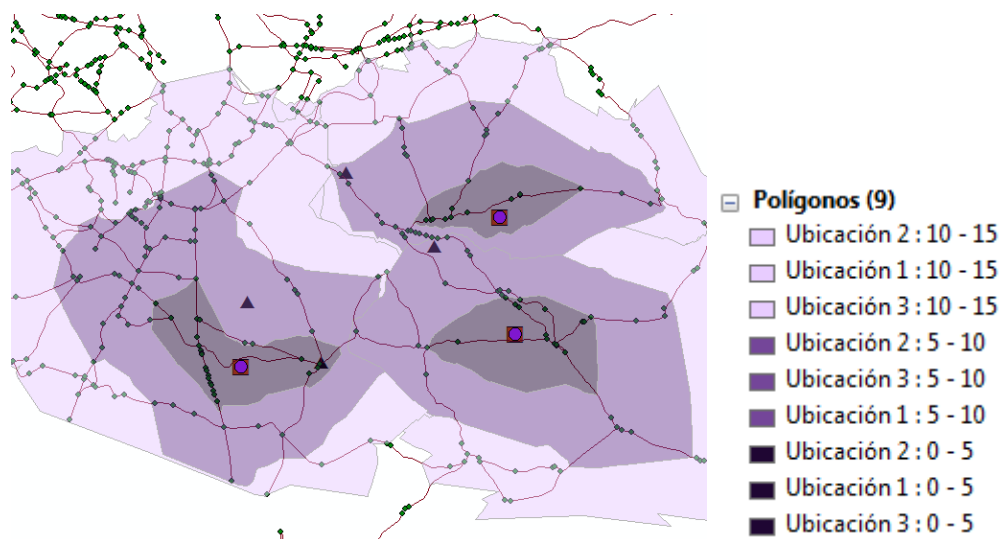


Fig. 23. Áreas de influencia desde cada uno de los vertederos.

6 MATRIZ DE ORÍGENES Y DESTINOS

Crear una matriz de orígenes y destinos entre los vertederos y los puntos limpios.

Crear una nueva capa de análisis de matrices origen-destino con Network Analyst-Network Analyst New.

OD Matrix. En la ventana del Network Analyst aparece una lista de orígenes (Origins), destinos (Destinations), líneas (Lines) y barreras (Barriers) y en la tabla de contenidos aparece una nueva capa de análisis de redes llamada "OD Cost Matrix".

Se añaden los orígenes, Menú contextual de Origins-Load Locations:

"vertederos"

Search Tolerance: 5.000

Se añaden los destinos, quitando la selección anterior (Clear Selected Features), Menú contextual de Destinations-Load Locations:

"puntos limpios"

Search Tolerance: 5.000

A continuación, se deben configurar los parámetros del análisis: Menú contextual de la ventana. Network Analyst-Properties-Analysis Settings (ver Fig. 24):

Impedancia: "Tiempo"

Default Cut off Value: "<None>"

Destinos a encontrar: "<All>"

Permitir giros para dar la vuelta: sí

Tipo de salida: "Straight line"

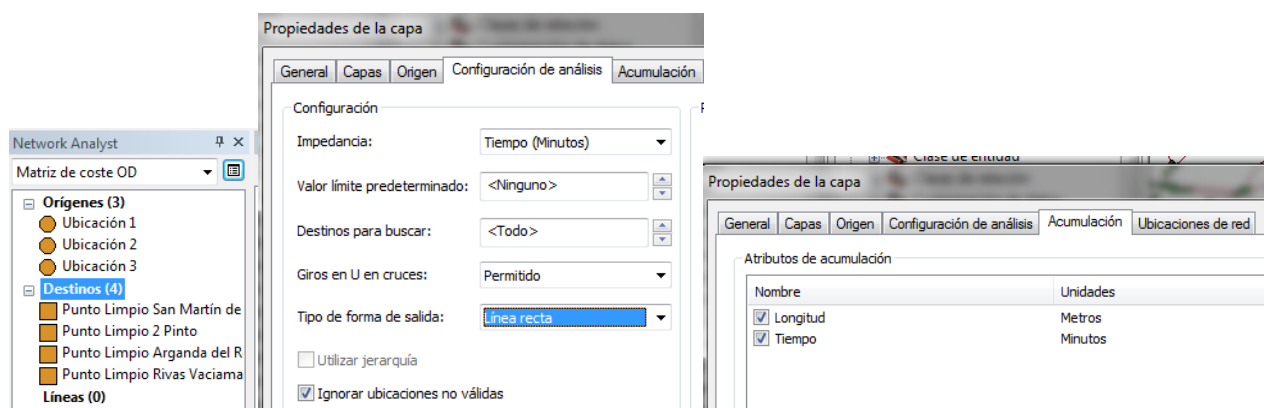


Fig. 24. Configuración del análisis de Matriz O/D.

Calcular la matriz: Network Analyst-Solve. El resultado más importante es la tabla de las líneas, que contiene los tiempos de viaje desde todos los orígenes a todos los destinos, ver Fig. 25.

Una vez calculada la matriz, ésta se puede guardar como una capa nueva {Menú contextual de la capa "Lines"-Data-Export data), llamamos a la capa "od_cost_matrix.shp".

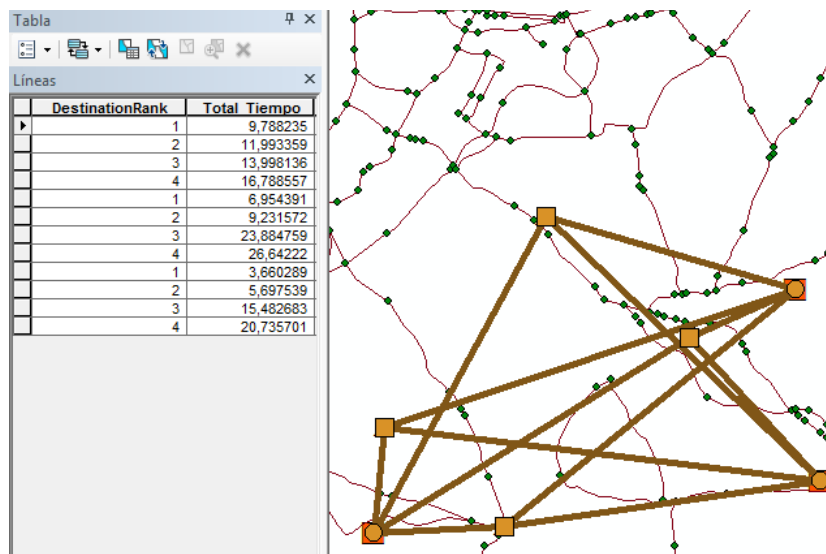
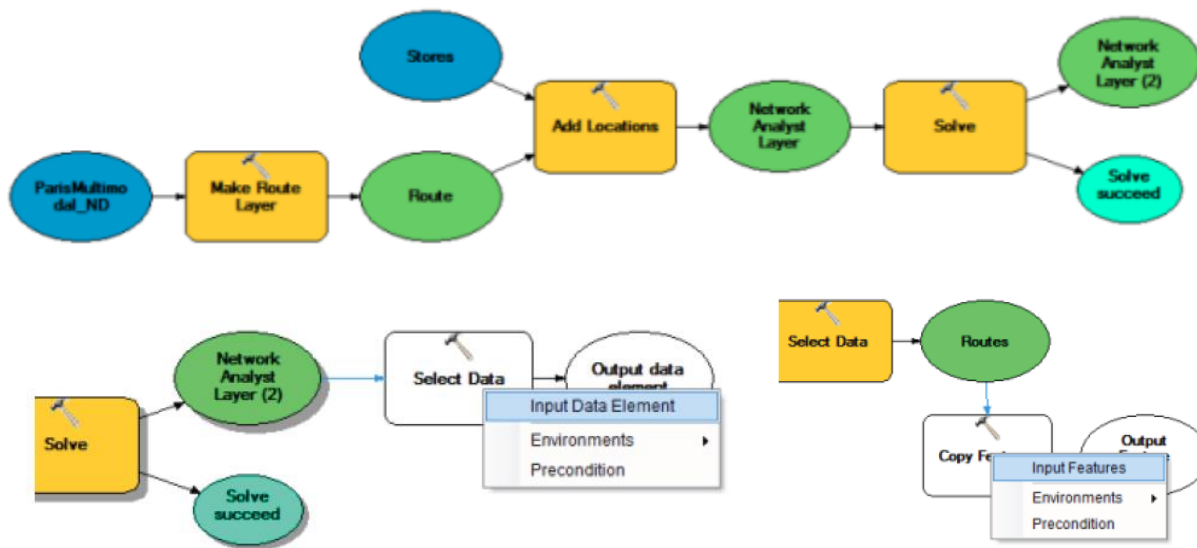


Fig. 25. Representación no real del cálculo realizado por la red entre orígenes y destinos.

7 NETWORK ANALYST Y MODEL BUILDER: ALGUNOS EJEMPLOS



Fuente: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//004700000061000000>

8 REFERENCIAS UTILIZADAS EN LA PREPARACIÓN DE ESTE MATERIAL

Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Martín Fernández, L.; Valentín Criado, A. C. (2009) *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental: ejercicios*. Madrid, España, los autores.

<http://help.arcgis.com/>

<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//004700000000n0000000>